

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-036827

(43)Date of publication of application : 09.02.1999

(51)Int.Cl.

F01L 3/02

F01L 1/16

F01L 3/08

F01L 3/20

F01L 3/22

F02B 77/00

(21)Application number : 09-195510

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 22.07.1997

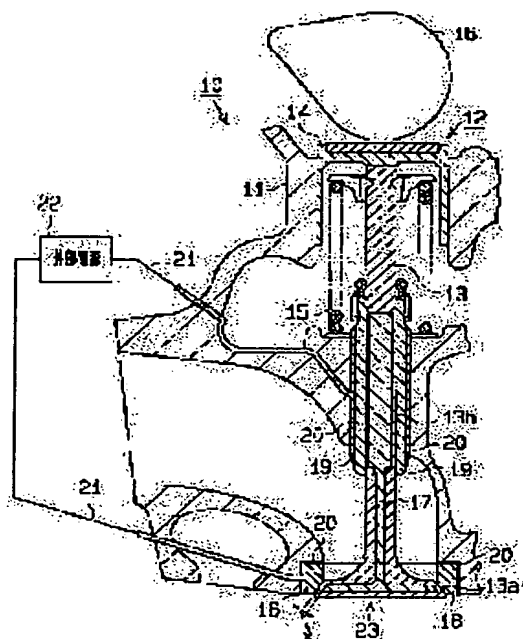
(72)Inventor : ITO YOSHIHIKO

(54) VALVE SYSTEM MECHANISM USING TITANIUM ALLOY VALVE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure abrasion resistance and seizure resistance of a sliding part more easily and stably.

SOLUTION: A valve 13 is made of a titanium alloy, and a good conductor 17 made out of metals or alloys such as Cu, Al and the like, which are excellent in conductivity, is imbedded in the inside of the valve. The good conductor 17 is imbedded only in the portions corresponding to a valve face part 13a and a valve stem part 13b, which act as the sliding part of the valve 13. An electric wire 21 made out of a copper wire and the like, the outer surface of which is sheathed by insulating material, is wired over both a valve seat 18 and valve guide 19, and an external power supply 22 is connected with the wiring of the electric wire 21. By this constitution, a series current is thereby formed up, which allows electric current to flow from the external power supply 22 through the valve guide 19, the valve stem part 13b, the good conductor 17, the valve face part 13a, the valve seat 18, and to the external power supply 22 again in order.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-36827

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月9日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
F 0 1 L	3/02	F 0 1 L	3/02
	1/16		1/16
	3/08		3/08
	3/20		3/20

J
E

A
Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-195510

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月22日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 伊藤 与志彦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

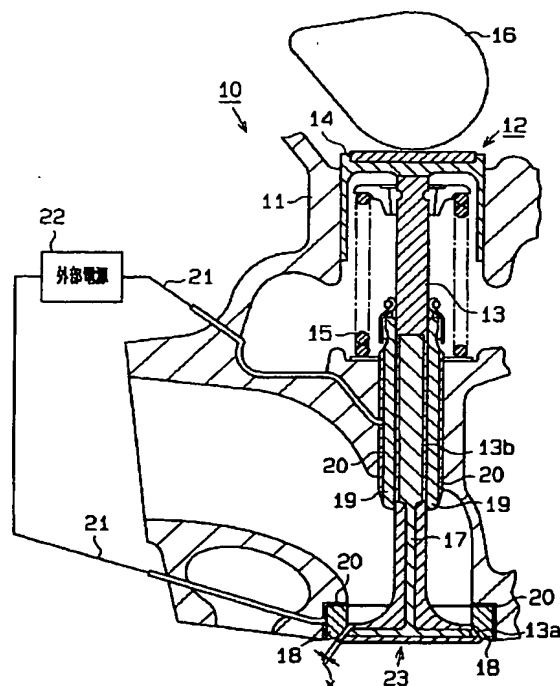
(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

(54) 【発明の名称】 チタン合金バルブを用いた動弁系機構

(57) 【要約】

【課題】より容易に、しかも安定してバルブ摺動部の耐摩耗性及び耐焼付性を確保することのできるチタン合金バルブを用いた動弁系機構を提供する。

【解決手段】バルブ13はチタン合金からなり、その内部にはCuやAl等の導電性に優れた金属または合金からなる良導電体17が埋設されている。同良導電体17は、バルブ13の摺動部であるバルブフェース部13a及びバルブステム部13bに対応する部分のみが、同バルブ13の外表面に近接するように埋設されている。バルブシート18及びバルブガイド19には、それぞれ外表面が絶縁被覆された銅線等の電線21が結線され、これら電線21の配線間に外部電源22が接続されている。これにより「外部電源22→バルブガイド19→バルブステム部13b→良導電体17→バルブフェース部13a→バルブシート18→外部電源22」と、電流が流れる直列回路が形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】チタン合金を母材とするチタン合金バルブをバルブガイド及びバルブシートとの間で摺動せしめてボートの開閉を行うチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記バルブの内部に良導電体を埋設するとともに、該埋設した良導電体を介して同バルブの摺動部に通電を行う導電回路を設けたことを特徴とするチタン合金バルブを用いた動弁系機構。

【請求項 2】請求項 1 に記載のチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記通電回路は、前記バルブガイドから前記バルブ及び前記バルブシートを経て外部電源に接続される直列回路であることを特徴とするチタン合金バルブを用いた動弁系機構。

【請求項 3】請求項 1 に記載のチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記通電回路は、前記バルブの軸端部から一方では前記バルブ及び前記バルブガイドを経て、他方では前記バルブ及び前記バルブシートを経て外部電源に接続される並列回路であることを特徴とするチタン合金バルブを用いた動弁系機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はチタン合金バルブを用いた動弁系機構に関するものである。

【0002】

【従来の技術】周知のように、自動車用内燃機関等の動弁系機構に用いられるバルブにおいては近年、軽量化を目的としてチタン合金を母材としたものが使用されつつある。但し、チタン合金自体は耐摩耗性及び耐焼付性が必ずしも優れているとはいえない。少なくとも同バルブのフェース部及びシステム部についてはその耐摩耗性及び耐焼付性を向上させるための何らかの対策を施す必要があった。

【0003】そこで従来は、次のように大別される種々の技術が提案されている。

(1) 耐摩耗性、耐焼付性に優れた別の材料を接合させる技術。

・バルブフェース部に Co 基合金を肉盛する（特開昭 61-232310 号公報参照）。

【0004】・バルブ外表面にクロムメッキを施す（特開昭 61-261609 号公報参照）。

・バルブのフェース部及びシステム部にチタン化合物（窒化チタン、酸化チタン等）をコーティングする（特開昭 61-126312 号公報参照）。

【0005】(2) バルブの母材自体を改質する技術。

・基地を β 相化し、その基地に硬質の TiC 粒子を析出、分散させる（特開平 2-129330 号公報、特開平 4-17639 号公報参照）。

【0006】・上記に加え、さらに熱処理によって Ti₃AlC 粒子、 α 相を析出する（特開平 8-143991 号公報参照）。

(3) バルブの表面相のみを改質する技術。

【0007】・バルブ外表面にイオン窒化処理を施す（特開昭 61-234210 号公報参照）。

・バルブの表層を熔融温度以上に加熱し、酸素を吸収溶解し、硬化層を形成する（特開平 1-119682 号公報参照）。

【0008】・酸素または窒素雰囲気中にてバルブを回転させつつ、バーナ等で同バルブの軸部を加熱し、表層を酸化または窒化させる（特開平 5-39559 号公報、特開平 5-279835 号公報、特開平 6-41715 号公報参照）。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】これらの技術によれば、確かに上記フェース部及びシステム部の耐摩耗性及び耐焼付性は向上される。しかし、上記大別される技術にはそれぞれに一長一短があり、実用上はなお課題を残すものとなっている。

【0010】すなわち、上記(1)にかかる技術では、バルブの摺動部であるフェース部及びシステム部に耐摩耗性あるいは耐焼付性に優れた別の材料を接合するため、要求される性能は十分確保されるが、接合されるバルブの母材がチタン合金であるために耐剥離性確保のための下地処理が必要な場合が多く、製造コストが増大してしまう。

【0011】また、上記(2)にかかる技術では、バルブの安定した耐摩耗性及び耐焼付性が継続して持続されるが、バルブの母材の組織確保のための製造工程や条件が複雑になってしまい、量産性に問題がある。

【0012】一方、上記(3)にかかる技術は、上記[1]、[2]の技術に比べて比較的安価に製造できる技術であるが、中でもより簡便な方法である特開平 6-41715 号公報に記載の酸化皮膜を形成する方法においても、得られる皮膜は非常に薄い。そのため、内燃機関が過酷な運転状態で使用されて上記皮膜の摩耗が進行し、バルブの母材が露出するようになると、耐摩耗性及び耐焼付性が急激に低下して使用限界に至るおそれがある。また、その酸化皮膜の摩耗進行に対処するために同皮膜を厚くすると、一般に表面粗さが大きくなって上記フェース部と摺動されるバルブシート材、あるいは上記システム部と摺動されるバルブガイド材に対する攻撃性が増し、それら摺動部の摩耗進行によって内燃機関の寿命が短くなってしまふ。こうした理由から、バルブの表面に形成する酸化皮膜の膜厚は 10～30 μ m の厚さとするのが望ましいが、結局は同膜厚が摩滅に至るまでがその使用限界となるため、確保される内燃機関の寿命にも自ずと限界が生じることとなる。

【0013】本発明は、こうした実情に鑑みてなされた

ものであって、その目的は、より容易に、しかも安定してバルブ摺動部の耐摩耗性及び耐焼付性を確保することのできるチタン合金バルブを用いた動弁系機構を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、チタン合金を母材とするチタン合金バルブをバルブガイド及びバルブシートとの間で摺動せしめてポートの開閉を行うチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記バルブの内部に良導電体を埋設するとともに、該埋設した良導電体を介して同バルブの摺動部に通電を行う導電回路を設けたことをその要旨とする。

【0015】上記バルブを構成するチタン合金は電気抵抗率が高い。したがって、その内部に良導電体を埋設するとともに、該埋設した良導電体を介してバルブの摺動部に通電を行う同構成によれば、その摺動部において発熱量が多くなり、摺動部表面には酸化皮膜が自動生成されるようになるため、該摺動部の耐摩耗性及び耐焼付性も容易に確保されるようになる。しかも、この生成される酸化皮膜自身が、その摩滅によってオン、再度の生成によってオフとなる上記通電回路のスイッチとして併せ機能するようになるため、これら摩滅と自動生成との繰り返しを繰り返すなかで、これと摺接される部材（バルブガイド及びバルブシート）に対する攻撃性が増すこともない常に最適な膜厚が維持されるようになる。

【0016】請求項2に記載の発明では、請求項1に記載のチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記通電回路は、前記バルブガイドから前記バルブ及び前記バルブシートを経て外部電源に接続される直列回路であることをその要旨とする。

【0017】こうした構成によれば、一つの回路で上記バルブガイド及びバルブシートにそれぞれ対応するバルブの摺動部、すなわちバルブステム部及びバルブフェース部の両者に上記最適な膜厚に維持される酸化皮膜を自動生成することができるようになる。

【0018】請求項3に記載の発明では、請求項1に記載のチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記通電回路は、前記バルブの軸端部から一方では前記バルブ及び前記バルブガイドを経て、他方では前記バルブ及び前記バルブシートを経て外部電源に接続される並列回路であることをその要旨とする。

【0019】こうした構成によれば、仮に上記バルブ摺動部の一方に酸化皮膜が生成されるなどして、上記各通電回路の一方が電氣的に遮断されたとしても、他方のバルブ摺動部への酸化皮膜の生成は維持されるようになる。すなわち、バルブ摺動部の各々に対して酸化皮膜生成に関するより自由度の高い管理が行われるようになる。

【0020】

【発明の実施の形態】

（第1実施形態）以下、本発明を具体化した第1実施形態を図1から図5に従って説明する。

【0021】図1は、本実施形態にかかる動弁系機構を模式的に示す内燃機関の要部断面図である。同図に示すように、内燃機関10のシリンダヘッド11内には、動弁系機構12が配設されている。同動弁系機構12は、バルブフェース部13a及びバルブステム部13bを有するバルブ13、カム16の回転に伴ってこのバルブ13を図中下方にリフトするバルブリフタ14、このバルブリフタ14を図中上方に付勢するコイルスプリング15等を備えて構成されている。すなわち、この動弁系機構12にあって、上記バルブ13及びバルブリフタ14は、カム16及びコイルスプリング15によって上記シリンダヘッド11内を上下に移動し、同シリンダヘッド11に設けられたポート23を開閉する。

【0022】ここで、上記バルブ13はTi-6Al-4V等のチタン合金からなり、その内部には、Cu（銅）やAl（アルミニウム）等の導電性に優れた金属または合金からなる良導電体17が埋設されている。同良導電体17は、バルブ13の摺動部である上記バルブフェース部13a及びバルブステム部13bに対応する部分のみが、それらバルブフェース部13a及びバルブステム部13bの外表面に近接するように形成されている。

【0023】なお、上記良導電体17を上記チタン合金バルブ13に埋設する方法としては以下の方法が考えられる。まず、チタン合金を素材として、鑄造法または鍛造法によりバルブ形状を成形する。その際に、予め良導電体17の形状に対応した空洞を設けておくか、あるいは中実のバルブを切削加工（半径の大きい部分は接合等を施す）しておく。次に、その空洞部に上記CuやAl等の金属または合金を流し込み、その湯口から押し湯を行なって同空洞部にそれら金属または合金を充填させる。

【0024】こうした方法は、埋設する金属または合金がチタン合金（Ti-6Al-4Vでは融点1660℃程度）よりも低融点（Cuでは1083℃、Alでは660℃）の場合に有効である。但しこの場合、高温化による上記バルブステム部13bの変形を防ぐためにその周囲を拘束しておくのが望ましい。

【0025】また、埋設する金属等がチタン合金よりも高融点の場合には、該埋設する部材を所定の形状に成形した後、その周囲にチタン合金を鑄包みして同バルブ13を形成する。

【0026】これらいずれの方法であれ、良導電体17とバルブフェース部13aまたはバルブステム13bの外表面との間隔xは、後述する通電により、そのチタン合金部で必要な発熱量が得られるように予備実験等を行って適宜の最適値が選定される。

10

20

30

40

50

【0027】一方、上記シリンダヘッド11において、上記バルブフェース部13a及びバルブステム部13bと対応する箇所には、それぞれ絶縁材20を介して鋳鉄、鉄系焼結材、銅合金等からなるバルブシート18及びバルブガイド19が配設されている。絶縁材20は、 Al_2O_3 （酸化アルミニウム）や ZrO_2 （酸化ジルコニウム）等の絶縁性に優れたファインセラミックス等からなり、上記バルブシート18及びバルブガイド19にコーティングまたは接合されている。これにより、上記シリンダヘッド11とバルブシート18及びバルブガイド19とは電気的に隔離されている。そして、同バルブシート18及びバルブガイド19には、それぞれ外表面が絶縁被覆された銅線等の電線21が結線され、これにより、上記シリンダヘッド11の外に通じる通電経路が構成されている。これら電線21の配線間には外部電源22が接続されており、同電源21によって上記通電経路に電流が供給される。

【0028】このように通電経路が構成されることにより、「外部電源22→バルブガイド19→バルブステム部13b→良導電体17→バルブフェース部13a→バルブシート18→外部電源22」と、電流が流れる直列回路が形成されるようになる。

【0029】図2に、このように形成される直列回路の等価回路を示す。同図2において、抵抗 R_a はバルブシート18の内部抵抗、抵抗 R_b はバルブフェース部13aの内部抵抗、抵抗 R_c は良導電体17の内部抵抗、抵抗 R_d はバルブステム部13bの内部抵抗、抵抗 R_e はバルブガイド19の内部抵抗をそれぞれ示している。また、同図2において、スイッチ SW_1 は、通電によって上記バルブフェース部13aの表面に形成される酸化皮膜を、スイッチ SW_2 は、同じく通電によって上記バルブステム部13bの表面に形成される酸化皮膜をそれぞれ等価回路に示している。

【0030】次に、こうした直列回路の動作について説明する。上記内燃機関10の運転初期等、同直列回路への通電初期においては、上記バルブフェース部13a及びバルブステム部13bの表面（摺動面）に酸化皮膜は形成されていない。したがって、図2に示す直列回路の各スイッチ SW_1 、 SW_2 は等価的に閉じた状態（オ

$$Q_b = \frac{1}{4.2} (V/\Sigma R)^2 \cdot R_b \cdot t \text{ (cal)} \quad \dots (1)$$

また、一般に上記電気抵抗 R は、実際に電流が流れる経路の距離 x とその距離 x に垂直をなす断面積 S とに依存し、電気抵抗率を ρ とすると、 $R = \rho (x/S)$ で表される。実際のバルブフェース部13a等の形状は複雑であるが、図4(a)及び(b)に示すように、それら円周方向の微小角度 $d\theta$ 及び接線方向の微小長さ dy で囲まれた微小部分の電気抵抗 ΔR は、上記距離 x と上記断面積 S とが、円周方向角度 θ と接線方向長さ y に依存す

＊ン）になっており、同回路には外部電源22から供給される電流 i が流れる。

【0031】ここで、バルブ13の母材であるチタン合金は電気伝導率が低く、 $Ti-6Al-4V$ では、 Cu の電気伝導率を100%とすると1.1%程度である。そのため、このチタン合金に電流が流れると大きな発熱が得られ、同チタン合金の表面に酸化皮膜が形成されるようになる。

【0032】以下、この電流と発熱量、並びにその発熱に基づいて形成される酸化皮膜の膜厚との関係について説明する。例えば、図3に示す上記バルブシート18、バルブフェース部13a、良導電体17における上記直列回路での電気抵抗の和 ΣR_1 は、 $\Sigma R_1 = R_a + R_b + R_c + R_1'$ となる。なお、抵抗 R_1' はバルブフェース部13aとバルブシート18との間の接触抵抗である。したがって、バルブシート18と良導電体17との間に電圧 V を加えると、そこに流れる電流 i は、 $i = V/\Sigma R_1$ といった値になる。但し、実際には、バルブステム部13bとバルブガイド19との摺動部での電気抵抗の和 ΣR_2 、すなわち $\Sigma R_2 = R_d + R_e + R_2'$

（抵抗 R_2' はバルブステム部13bとバルブガイド19との間の接触抵抗）も加味され、同電流 i は、それら全電気抵抗の和 $\Sigma R (= \Sigma R_1 + \Sigma R_2)$ により、 $i = V/\Sigma R$ といった値となる。

【0033】そして、図3に例示した上記バルブシート18、バルブフェース部13a、良導電体17の各抵抗部にあつては、上記各対応する内部抵抗 $R_a \sim R_c$ とこの電流 i とから、その消費電力が求められる。例えば、バルブシート18に鉄系焼結材、バルブフェース部13aに $Ti-6Al-4V$ 、良導電体17に銅をそれぞれ用いた場合、各電気抵抗率は、鉄系焼結材が $10 \mu\Omega/cm$ 、 $Ti-6Al-4V$ が $171 \mu\Omega/cm$ 、銅が $2 \mu\Omega/cm$ （いずれも $20^\circ C$ において）である。そのため、バルブフェース部13aでの消費電力が特に大きくなり、上記電流 i の通電時間を t とすると、ジュールの法則により、同バルブフェース部13aでの発熱量 Q_b は以下の数式で求められる値となる。

【0034】

【数1】

る関数で表されるものとする、 $\Delta R = \rho \{ x(\theta, y)/dS(\theta, y) \}$ と表される。この微小部分の電気抵抗 ΔR を接線方向と円周方向に積分すれば全体の電気抵抗 R が求められる。すなわち、この電気抵抗 R は、以下の数式で求められる。

【0035】

【数2】

$$R = \int_0^{2\pi} \int_0^a \Delta R dy d\theta \\ = \int_0^{2\pi} \int_0^a \rho \{X(\theta, y) / dS(\theta, y)\} dy d\theta \quad \dots (2)$$

そして、上記バルブフェース部13a等の形状は、一般にバルブ13の中心軸に対して対称であるため、上記(2)式は更に以下になる。

*【0036】

【数3】

*

$$R = 2\pi \rho \int_0^a \{X(y) / dS(y)\} dy \quad \dots (3)$$

ところで、チタン合金は、大気中で550～600℃に20～120分間加熱保持されると、10～30μmの厚さの酸化チタン皮膜（以下、酸化皮膜という）が表面に形成されることが知られている。したがって、同チタン合金に対する加熱温度条件となる上記発熱量Qbが得られるように、上記(3)式におけるx(y)、dS(y)及び上記(1)式におけるVを適宜選定すれば、この所望の膜厚を有する酸化皮膜が形成されることとなる。なお、上記バルブガイド19と上記バルブシステム部13bの間には、微量の潤滑油が供給されているが、この場合でも接触する両者間には導電性が確保されている。

【0037】続いて、上記通電回路（直列回路）の動作に基づく上記バルブフェース部13a及びバルブシステム部13bへの酸化皮膜自動生成プロセスを、図6に示すフローチャートに従って説明する。

【0038】まず、直列回路に通電が行われる（ステップS1）。これにより、「外部電源22→バルブガイド19→バルブシステム部13b→良導電体17→バルブフェース部13a→バルブシート18→外部電源22」といった経路を経て電流が流れるようになることは上述した通りである。そしてこのとき上記バルブシート18及びバルブガイド19と摺動するバルブフェース部13a及びバルブシステム部13bが発熱し（ステップS2）、それら各部13a、13bの表面に酸化皮膜が生成される（ステップS3）。そして、その生成された酸化皮膜によって上記摺動部が絶縁され、上記回路が遮断される（ステップS4）。すなわち、図2に等価的に示したスイッチSW1、SW2がオフとなる。一方、この状態で上記バルブフェース部13aとバルブシート18及びバルブシステム部13bとバルブガイド19とが摺動することによって、各部13a、13bの表面に生成された酸化皮膜の摩耗が進行し（ステップS5）、チタン合金バルブ13の母材が露出すると（ステップS6）、図2に等価的に示したスイッチSW1、SW2が再びオンとなり、上記直列回路への通電が再開される（ステップS1）。

【0039】ここで、上記ステップS3及びステップS4のプロセスにおいて、上記バルブフェース部13aまたは上記バルブシステム部13bのどちらか一方の表面に

厚い酸化皮膜が生成されて回路が遮断されてしまうと、他方の表面には同酸化皮膜が十分に生成されないように一見思われるが、上記バルブシート18とバルブフェース部13aとの摺動部、または上記バルブガイド19とバルブシステム部13bとの摺動部にあっては、それら各接触状態が必ずしも一様ではないため、そのおそれはない。

【0040】すなわち、バルブフェース部13aにおけるバルブシート18との摺動面を円錐の側面、そしてバルブシステム部13bにおけるバルブガイド19との摺動面を円筒の側面と考えると、それぞれの円周上及び軸線方向の微小な接触部の面積や面圧は様々であり、さらにその状態は時間とともに変化する。そのため、上記各摺動面の一部表面に先に酸化皮膜が生成されたとしても、各摺動面の他の部分では同酸化皮膜が十分に生成されておらず、回路的には導電状態が維持される。すなわち、バルブシート18→バルブフェース部13a→良導電体17、及び、良導電体17→バルブシステム部13b→バルブガイド19を経路とする並列回路が無数に並んでいるのと同様である。そのため、上記各摺動面の各部で順次酸化皮膜が生成されていくことになり、結果として、バルブシステム部13b側及びバルブフェース部13a側のそれぞれにおいて同程度の酸化皮膜が生成されるようになる。もっとも実際には、いずれの側においても部分的に酸化皮膜が十分に生成されていない領域が残り、先の図2に等価的に示す各スイッチSW1、SW2の閉じた状態（部分）が残っているものと考えられる。

【0041】次に、これら各スイッチSW1、SW2のスイッチングにかかるメカニズムを図5に従って更に詳述する。なお、図5は、上記直列回路を流れる電流（図5(b)）とバルブフェース部13a及びバルブシステム部13bの表面に形成される酸化皮膜の摩耗進行状態（図5(a)）とを示すタイムチャートである。また、図5(a)においては便宜上、酸化皮膜の厚み（同図における斜線部分）を強調して示している。

【0042】まず、同図における矢印(A)の時点、すなわち内燃機関の運転開始時等、上記回路への通電が開始された時点において、上記バルブフェース部13a及びバルブシステム部13bに酸化皮膜は生成されていないため、該回路には多量の電流が流れる。そして、時間の

経過とともに酸化皮膜が厚く生成されて電流量が減少していき、矢印（イ）の時点で図 2 に等価的に示す各スイッチ SW1, SW2 が開いた状態（オフ）になって電流が流れなくなる。なお、こうした酸化皮膜の生成によって、上記バルブフェース部 13a 及びバルブステム部 13b にあっては、その十分な耐摩耗性及び耐焼付性が確保されるようになる。

【0043】一方、上記矢印（イ）の時点からは、矢印（ウ）の推移として示すように、上記バルブフェース部 13a の上記バルブシート 18 との摺動及び上記バルブシステム部 13b の上記バルブガイド 19 との摺動により、上記生成された酸化皮膜の厚みが時間の経過とともに徐々に薄くなっていく。そして、矢印（エ）の時点において、酸化皮膜が摩耗消滅してバルブ 13 の母材が露出する。これにより、図 2 に等価的に示す各スイッチ SW1, SW2 が再び閉じた状態（オン）になり、該回路に再び電流が流れ始める。続く矢印（オ）及び（カ）については、上記矢印（イ）及び（ウ）の場合と同等の現象が生じ、以後、上記状態での酸化皮膜の生成及び摩耗進行が繰り返される。

【0044】以上説明したように、本実施形態にかかるチタン合金を用いた動弁系機構によれば、以下に列記する多くの優れた効果が得られるようになる。

・バルブ 13 の摺動部であるバルブフェース部 13a 及びバルブステム部 13b への通電によって、その表面に酸化皮膜を生成することができる。そして、こうして生成される酸化皮膜によって、それら各摺動面の耐摩耗性及び耐焼付性を容易に向上させることができる。

【0045】・上記バルブフェース部 13a 及びバルブステム部 13b に対応する部分のみ、バルブ 13 の外表面とその内部に埋設する良導電体 17 とを近接させたことにより、それら摺動部に対してのみ選択的に且つ効率的に上記酸化皮膜を生成させることができる。

【0046】・上記生成された酸化皮膜が摩耗消滅すると、通電回路（直列回路）に電流が流れて、新たな酸化皮膜が自動的に再生成される。そのため、バルブ 13 のメンテナンスを不要にできるとともに、その寿命をほぼ恒久的に延ばすことができる。

【0047】・通電回路においては、上記バルブ 13 に生成される酸化皮膜自身が図 2 に等価的に示す各スイッチ SW1, SW2 の役目を果たす。すなわち、同酸化皮膜が一定の厚みに達すると、自動的に通電回路が電氣的に遮断されて、その過剰な生成が禁止される。したがって、同酸化皮膜と摺接される上記バルブシート 18 及びバルブガイド 19 に対する攻撃性が増すこともない常に最適な膜厚に維持されることとなり、内燃機関 10 の寿命をも好適に延命させることができる。

【0048】（第 2 実施形態）次に、本発明を具体化した第 2 実施形態を図 7 及び図 8 に従って説明する。なお、本実施形態において、上述した第 1 実施形態と同等

の構成については、符号を等しくしてその詳細な説明を省略する。

【0049】図 7 は、本実施形態にかかる動弁系機構を模式的に示す内燃機関の要部断面図である。同図に示すように、バルブ 31 は、前記第 1 実施形態と同等のチタン合金からなり、その内部の、バルブ軸端部 31a、上記バルブステム部 13b、同じくバルブフェース部 13a に対応する部分にのみ、バルブ 31 の外表面と近接する形状をなす Cu や Al 等の導電性に優れた金属あるいは合金からなる良導電体 32 が埋設されている。なお、この良導電体 32 をバルブ 31 内に埋設させる方法としては、前記第 1 実施形態と同様の方法が考えられる。

【0050】一方、バルブリフタ 14 がはめ込まれる Al（アルミニウム）や鋳鉄等からなるシリンダヘッド 11 には、絶縁材 20 を介してバルブリフタボア部 33 が配設されている。これにより、上記シリンダヘッド 11 とバルブリフタボア部 33 とは電氣的に隔離されている。そして、同バルブリフタボア部 33 とシリンダヘッド 11 にそれぞれ前記電線 21 が結線され、これにより、上記シリンダヘッド 11 の外部に通じる通電経路が構成されている。これら電線 21 の配線間には外部電源 22 が接続されており、同電源 22 によって上記通電経路に電流が供給される。

【0051】このように通電経路が構成されることにより、「外部電源 22 → バルブリフタボア部 33 → バルブリフタ 14 → バルブ軸端部 31a → 良導電体 32 → バルブステム部 13b → バルブガイド 19 → シリンダヘッド 11 → 外部電源 22」及び「外部電源 22 → バルブリフタボア部 33 → バルブリフタ 14 → バルブ軸端部 31a → 良導電体 32 → バルブフェース部 13a → バルブシート 18 → シリンダヘッド 11 → 外部電源 22」と、電流が流れる並列回路が形成されるようになる。

【0052】図 8 に、このように形成される並列回路の等価回路を示す。同図 8 において、抵抗 Ra はバルブシート 18 の内部抵抗、抵抗 Rb はバルブフェース部 13a の内部抵抗、抵抗 Rc は良導電体 17 の内部抵抗、抵抗 Rd はバルブステム部 13b の内部抵抗、抵抗 Re はバルブガイド 19 の内部抵抗、抵抗 Rf はバルブ軸端部 31a の内部抵抗、抵抗 Rg はバルブリフタ 14 及びバルブリフタボア部 33 の内部抵抗を示している。また、同図 8 において、スイッチ SW1 は、通電によって上記バルブフェース部 13a の表面に形成される酸化皮膜を、スイッチ SW2 は、同じく通電によって上記バルブステム部 13b の表面に形成される酸化皮膜をそれぞれ等価回路に示している。

【0053】なお、図 7 に示すようなバルブラッシュアップ機構のない直打式動弁系においては、カムベース円部 35 とバルブアジャスティングシム 36 との間には間隙が設けてあるため、バルブフェース部 13a がバルブシート 18 に着座している間は、上記シリンダヘッ

10

20

30

40

50

ド11から上記カム16が設けられた図示しないカムシャフト側を介して電流が流れることはない。

【0054】このように構成された第2実施形態にかかるチタン合金バルブを用いた動弁系機構においても、基本的には上述した第1実施形態と同等の動作、メカニズムに基づく同等の効果が奏せられることとなる。以下では、この第2実施形態特有の効果について列記する。

【0055】・本第2実施形態においては、図8にその等価回路を示したように、通電経路が並列回路で構成されている。そのため、仮にバルブフェース部13a側に厚い酸化皮膜が生成されたり、燃焼生成物が同バルブフェース部13aに付着して上記回路が電氣的に遮断されても、バルブステム部13b側での酸化皮膜の形成に影響を与えることがない。したがって、上記バルブフェース部13a及びバルブステム部13bの各摺動面に酸化皮膜をより確実に形成することができ、それら摺動部の耐摩耗性及び耐焼付性を向上させることができる。

【0056】・酸化皮膜は、上記バルブ31のバルブ軸端部31a、すなわちバルブリフタ14との当接面にも生成される。そのため、上記バルブ軸端部31aとバルブリフタ14との当接面における耐摩耗性及び耐焼付性も併せて向上させることができる。

【0057】なお、上記各実施形態は以下のように変更してもよく、その場合でも同様の作用および効果を得ることができる。

・上記第2実施形態において、図7に示すスプリングワッシャ34を絶縁体にて形成する。このようにすれば、上記バルブリフタ14から上記バルブスプリング15を介してシリンダヘッド11に通電する経路を遮断することができ、バルブ軸端部31aとバルブリフタ14との当接面に酸化皮膜をより確実に生成することができる。

【0058】・上記第1実施形態におけるバルブ13を、図9に示すバルブ41に変更する。同バルブ41は、第1実施形態と同等のチタン合金からなり、内部にCuやAl等の導電性に優れた導電線42が埋設されたものである。この導電線42は、上記バルブフェース部13a及びバルブステム部13bのみ、バルブ41の外表面に近接するように埋設されている。このようにしても、上記第1実施形態と同等の作用及び効果を得ることができるとともに、上記バルブ41に容易に導電線42を埋設することができる。なお、上記第2実施形態におけるバルブ31の良導電体32も同様に上記導電線42に変更してもよい。

【0059】・上記各実施形態においては、酸化皮膜を上記バルブシート18及びバルブガイド19と摺接するバルブフェース部13a及びバルブステム部13bのみに自動生成させているが、要は、動弁系機構としてのバルブやバルブ摺動部の構造に応じてそれら摺動部に酸化皮膜が自動生成される構成であればよい。

【0060】・上記各実施形態では、上記各バルブ1

3、31、41に、Ti-6Al-4V合金を用いたが、これをTi-6Al-6V-2Sn合金やTi-6Al-2Sn-4Zr-6Mo合金等の「 $\alpha + \beta$ 型合金」、あるいはTi-5Al-2.5Sn合金やTi-8Al-1Mo-1V合金等の「 α 型合金」に変更してもよい。

【0061】以上、各実施形態について説明したが、それら実施形態から把握できる請求項以外の技術的思想について、以下にそれらの効果と共に記載する。

(イ) 請求項1～3のいずれか1項に記載のチタン合金バルブを用いた動弁系機構において、前記良導電体は、前記バルブの摺動部に対する部分のみが同バルブの外表面に近接するように埋設されてなるチタン合金バルブを用いた動弁系機構。

【0062】このようにすれば、バルブの摺動部のみに酸化皮膜を選択的に且つ効率的に生成することができる。ところで、本明細書において、良導電体とは、銅やアルミニウムだけでなく、金、銀、鉄等の導電性に優れた金属及び合金をも含むものとする。また、特にこの良導電体としてアルミニウム(Al)を用いた場合には、更に次のような効果も期待できるようになる。

【0063】すなわち、Alの比重(2.7)は、チタン合金の比重(Ti-6Al-4Vで4.4)に比べて小さいため、バルブ13、31、41全体を更に軽量化することができる。

【0064】また、Alの熱伝導度(0.487)はチタン合金の熱伝導度(0.018)に比べて大きいため、バルブ13、31、41全体の温度を比較的均一に保つこともできる。すなわち、高温となるバルブ傘部(バルブフェース部周辺)の熱を、良導電体17としてのAl、バルブステム部13b、バルブガイド19、及びシリンダヘッド11を通して逃がすことができ、バルブ13、31、41の高温化に基づく種々の不具合を抑制することができる。

【0065】

【発明の効果】本発明によれば、チタン合金バルブを用いた動弁系機構にあって、より容易に、しかも安定してバルブ摺動部の耐摩耗性、並びに耐焼付性を確保することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる動弁系機構を示す断面図。

【図2】同第1実施形態の動弁系機構の通電経路を等価的に示す回路図。

【図3】同第1実施形態の動弁系機構の一部を拡大して示す拡大図。

【図4】同第1実施形態の動弁系機構の抵抗分の算出方法を説明するための略図。

【図5】同第1実施形態の酸化皮膜スイッチングメカニズムを示すタイムチャート。

13

【図6】同第1実施形態の酸化皮膜自動生成プロセスを示すフローチャート。

【図7】本発明の第2実施形態の動弁系機構を示す断面図。

【図8】同第2実施形態の動弁系機構の通電経路を等価的に示す回路図。

*

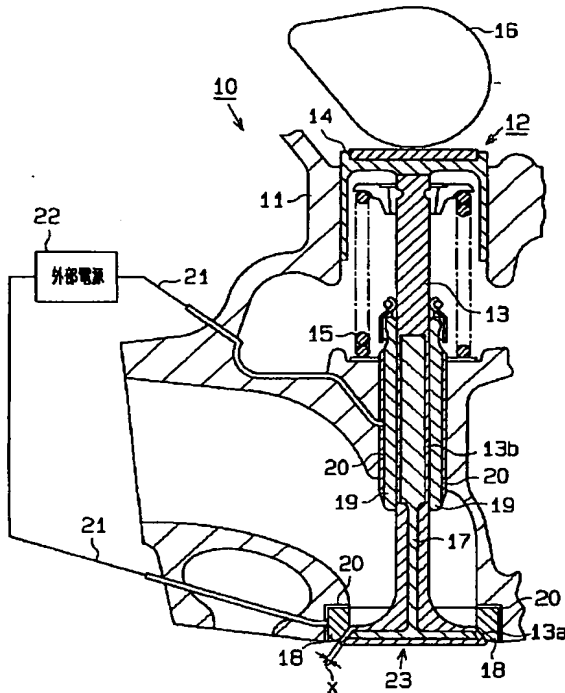
14

*【図9】本発明の他の実施形態を示す概略斜視図。

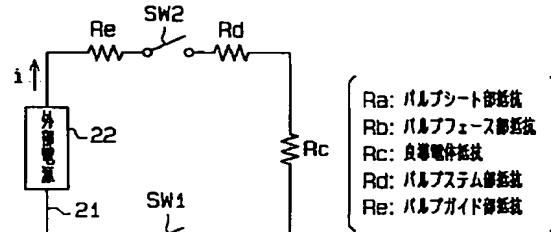
【符号の説明】

11…シリンダヘッド、13, 31, 41…バルブ、13a…バルブフェース部、13b…バルブステム部、17, 32, 42…良導電体、18…バルブシート、19…バルブガイド、21…電線、22…外部電源。

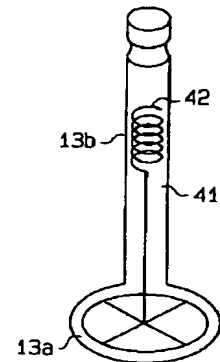
【図1】



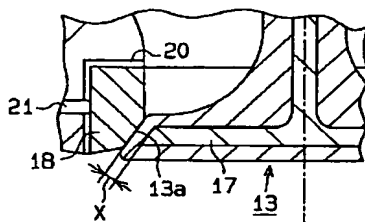
【図2】



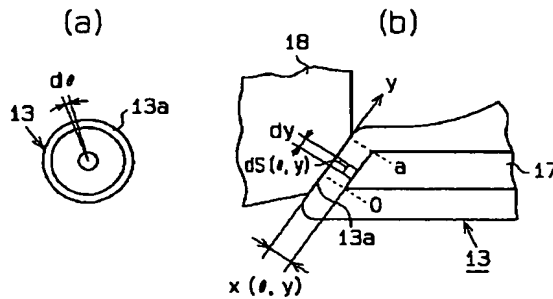
【図9】



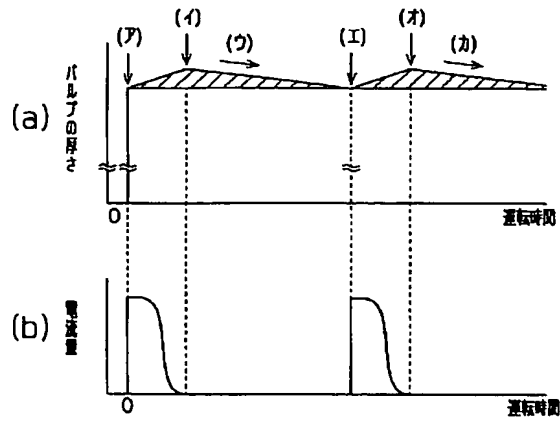
【図3】



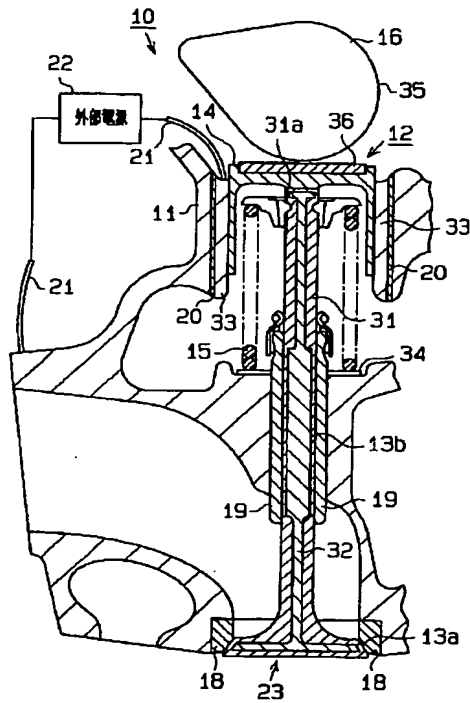
【図4】



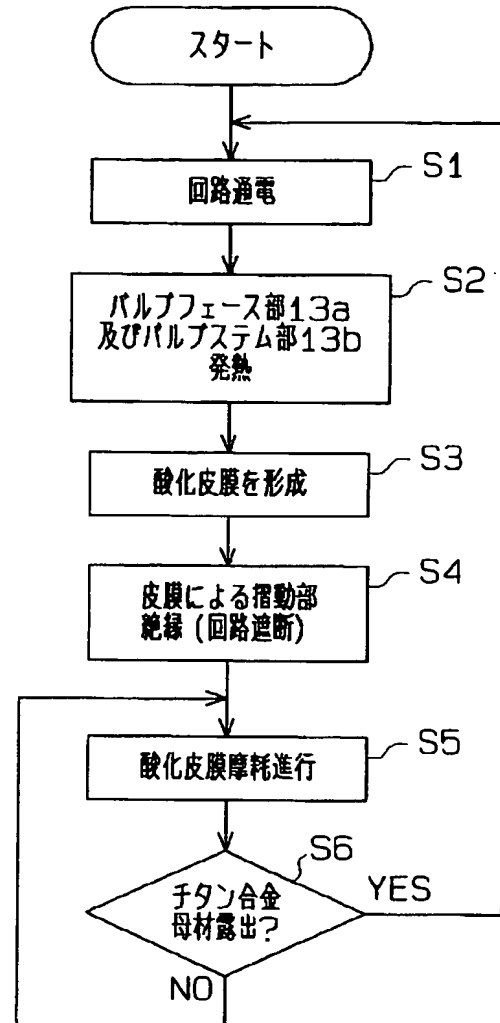
【図5】



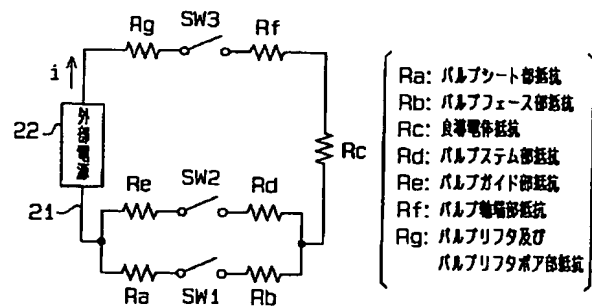
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁸

識別記号

F I

F 0 1 L 3/22

F 0 1 L 3/22

Z

F 0 2 B 77/00

F 0 2 B 77/00

P